

## Method and apparatus for optimization of running conditions of an automobile wheel

**Patent number:** DE3617625  
**Publication date:** 1987-10-08  
**Inventor:** GOEBEL EICKHART; DUESTER HORST  
**Applicant:** HOFMANN WERKSTATT TECHNIK  
**Classification:**  
**- international:** G01M1/16; G01M1/30; G01M17/02; G01M1/00;  
G01M17/02; (IPC1-7): G01M1/38; B60B21/00;  
B60C5/00  
**- european:** G01M1/16; G01M1/30; G01M17/02  
**Application number:** DE19863617625 19860526  
**Priority number(s):** DE19863617625 19860526

**Also published as:**

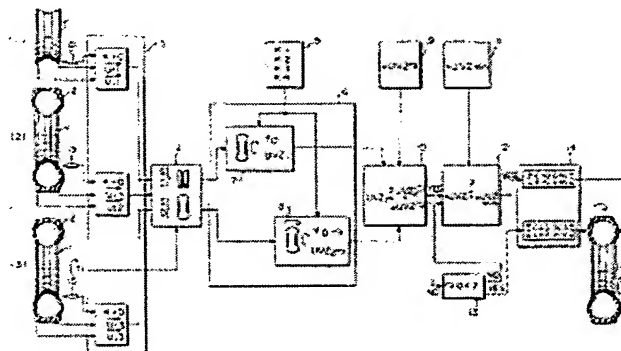
E P0247350 (A2)  
US 4817429 (A1)  
J P63036127 (A)  
E P0247350 (A3)  
E P0247350 (B1)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for DE3617625

Abstract of corresponding document: **US4817429**

Optimization of running conditions of an automobile wheel is achieved by matching (readjustment of tire relative to rim) after two measuring runs of the tire/rim assembly and in which the static and dynamic unbalance vectors of the tire and rim include coefficients of influence on said running conditions.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND

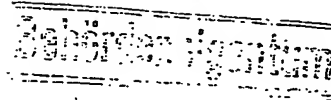


DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑪ DE 36 17 625 C 1

⑤ Int. Cl. 4:  
G 01 M 1/38  
B 60 B 21/00  
B 60 C 5/00

⑳ Aktenzeichen: P 36 17 625.7-52  
㉑ Anmeldetag: 26. 5. 86  
㉒ Offenlegungstag: —  
㉓ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 8. 10. 87



DE 36 17 625 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉔ Patentinhaber:

Hofmann Werkstatt-Technik GmbH, 6102  
Pfungstadt, DE

㉕ Vertreter:

Nöth, H., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 8000 München

㉖ Erfinder:

Goebel, Eickhart, 6102 Pfungstadt, DE; Düster,  
Horst, 4300 Essen, DE

㉗ Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene  
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE 29 13 280 B  
DE 30 46 368 A  
DE 30 03 127 A

Werkstatt und Betrieb 103(1970 3 Seite 183-188);  
Sonderdruck aus Werkstatt und Betrieb 105 Jg.  
(1972) H. 11, S. 1-7;

㉘ Verfahren und Vorrichtung zur Optimierung der Laufruhe eines Kraftfahrzeugrades

Ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Optimieren der Laufruhe eines Kraftfahrzeugrades, bei dem durch Matchen (Verdrehen des Reifens gegenüber dem Scheibenrad) eine Optimierung nach Durchführung zweier Meßläufe mit auf dem Scheibenrad aufgezogenem Reifen und durch Beaufschlagung der dabei ermittelten statischen und dynamischen Unwuchtvektoren für Reifen und Scheibenrad mit Einflußfaktoren auf die Laufruhe erreicht wird.

DE 36 17 625 C 1

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Optimieren der Laufruhe eines Kraftfahrzeugrades, bestehend aus Scheibenrad und darauf aufgezogenem Reifen, bei dem die vom Reifen und vom Scheibenrad verursachten Unwuchten in Meßläufen, bei denen wenigstens in einem Meßlauf der Reifen am Scheibenrad in beliebiger Winkelstellung montiert ist, ermittelt werden und durch Verdrehen (Matchen) um einen Match-Winkel, der aus den ermittelten Unwuchtvektoren berechnet wird, der Reifen und das Scheibenrad in eine Lage zueinander gebracht werden, in welcher vom Reifen ausgehende Kräfte den vom Scheibenrad verursachten Kräften entgegengerichtet sind, dadurch gekennzeichnet, daß

- nach dem Meßlauf, bei welchem der Reifen in beliebiger Winkelstellung am Scheibenrad montiert ist, zunächst der Reifen und das Scheibenrad um einen bestimmten Winkel, der gespeichert wird, gegeneinander verdreht werden und dann ein weiterer Unwuchtmeßlauf durchgeführt wird, und
- aus den Meßwerten dieser beiden Unwuchtmeßläufe und dem Wert des gespeicherten bestimmten Winkels sowohl der Unwuchtvektor des Reifens als auch der durch geometrische Ungleichförmigkeiten des Scheibenrades bedingte Unwuchtvektor für die Berechnung des Match-Winkels bestimmt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Eliminieren der Massenungleichförmigkeit des Scheibenrades in einem zusätzlichen Meßlauf die statischen und/oder dynamischen Unwuchtvektoren des Scheibenrades ermittelt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die statischen Unwuchtvektoren mit einem dem Einfluß der statischen Unwucht auf die Laufruhe proportionalen Einflußfaktor und die dynamischen Unwuchtvektoren mit einem dem Einfluß der dynamischen Unwucht auf die Laufruhe proportionalen Einflußfaktor multipliziert werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die statischen und dynamischen Unwuchtvektoren ferner mit einem Einflußfaktor multipliziert werden, der dem Unterschied der Einflüsse der Reifenunwuchten und der aus den geometrischen Ungleichförmigkeiten resultierenden Unwuchten auf die Laufruhe des Kraftfahrzeugrades proportional ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die statischen und dynamischen Unwuchtvektoren ferner mit einem Einflußfaktor multipliziert werden, der dem Unterschied der Einflüsse der Unwucht an der Radaußenseite und der Unwucht an der Radinnenseite auf die Laufruhe des Kraftfahrzeugrades proportional ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß aus den ermittelten statischen und dynamischen Unwuchtvektoren sowie den Einflußfaktoren ein nach dem Matchen durchgeführtes Verdrehen noch verbleibender erster Laufunruhwert und ein bei zusätzlichem Wenden des Reifens um eine zur Laufachse des

Kraftfahrzeugrades senkrechte Achse noch verbleibender zweiter Laufunruhwert vor dem Durchführen des Matchens errechnet werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Verdrehen beim Matchen nur dann durchgeführt wird, wenn der dann verbleibende erste Laufunruhwert einen Grenzwert unterschreitet.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß das zusätzliche Wenden des Reifens nur dann durchgeführt wird, wenn der zweite Laufunruhwert um einen bestimmten Differenzgrenzwert geringer ist als der erste Laufunruhwert.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzielung eines bei den verschiedenen Meßläufen gleichbleibenden Winkelbezugs eine Markierung am Scheibenrad abgetastet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Radventil als Markierung abgetastet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung des Verdrehwinkels beim Verdrehen des Reifens gegenüber dem Scheibenrad zwischen den Meßläufen und/oder beim Matchen am Reifen eine Markierung abgetastet wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die ermittelten statischen und dynamischen Unwuchtvektoren aufeinanderfolgender gemessener Kraftfahrzeugräder gespeichert und zur Erzielung eines minimierten Laufunruhwerts durch Umpaarung von Reifen und Felge zweier verschiedener gemessener Kraftfahrzeugräder verglichen werden.

13. Vorrichtung zum Auswuchten eines Kraftfahrzeugrades mit Meßwertaufnehmern, die an eine Auswertelektronik angeschlossen sind, in welcher die Unwuchtvektoren für zwei Ausgleichsebenen ermittelt werden, dadurch gekennzeichnet, daß zur Durchführung eines Verfahrens nach Anspruch 1 an die Auswertelektronik (3) ein Vektorrechner (4) für die getrennte Ermittlung der auf den Reifen und das Scheibenrad bezogenen statischen und dynamischen Unwuchtvektoren angeschlossen ist, daß an den Vektorrechner (4) ein Optimierungsrechner (6) für die Berechnung eines nach dem beim Matchen durchgeführten Verdrehen noch verbleibenden ersten Laufunruhwerts und/oder eines bei zusätzlichem Wenden des Reifens noch verbleibenden zweiten Laufunruhwerts angeschlossen ist und daß der Optimierungsrechner (6) mit einem Speicher (5) verbunden ist, welcher die Einflußfaktoren enthält.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß an den Optimierungsrechner (6) eine Vergleichsrichtung (10 und/oder 12) angeschlossen ist, die mit Speichern (9 und/oder 11) für Laufunruhgrenzwerte oder Laufunruheminimalwerte verbunden sind.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 13.

Bei einem derartigen Verfahren und einer derartigen

Vorrichtung, die aus der DE-OS 30 03 127 bekannt sind, werden beim Zusammenbau eines Kraftfahrzeugrades, das aus Scheibenrad und aufgezo- genem Reifen besteht, der Reifen und die Felge so gegeneinander verdreht, daß die statischen Unwuchtkräfte von Reifen und Scheibenrad einander entgegengerichtet sind. Zur Ermittlung der statischen Unwuchtkraft für das Scheibenrad einerseits und den Reifen andererseits wird zunächst die statische Unwucht der Felge gemessen und der Reifen dann in beliebiger Winkelstellung auf die Felge aufgezo- gen. Es erfolgt dann die Unwuchtmessung des montierten Rades, wobei durch vektorielle Subtraktion der Unwuchten des montierten Rades und der Felge die statische Unwucht des Reifens ermittelt wird. Der Reifen wird dann gegenüber der Felge bzw. dem Scheibenrad so verdreht, daß die statische Unwuchtkraft des Scheibenrades der statischen Unwuchtkraft des Reifens entgegengesetzt gerichtet ist. Dieses Zuordnen von Reifen zu Scheibenrad durch Verdrehen wird auch mit "Matchen" bezeichnet.

Beim bekannten Verfahren ist es erforderlich, zunächst die statische Unwucht des Scheibenrades ohne aufgezo- genen Reifen zu ermitteln. Nach diesem Meßlauf ist es erforderlich, den Reifen auf das Scheibenrad aufzuziehen und dann den zweiten Meßlauf durchzuführen. Unberücksichtigt bleiben hierbei die aus den geometrischen Ungleichförmigkeiten des Scheibenrades resultierenden Unwuchten, die sich beispielsweise aus Zentrierfehlern und Formfehlern ergeben können. Beim Verdrehen des Reifens gegenüber dem Scheibenrad kann es bei Vorhandensein einer geometrischen Ungleichförmigkeit des Scheibenrades geschehen, daß die Laufruhe nicht optimal verbessert und unter Umständen sogar verschlechtert wird.

Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, bei einem Verfahren und einer Vorrichtung der eingangs genannten Art unter Berücksichtigung der tatsächlichen Einflüsse auf das Laufverhalten des Rades eine Optimierung der Laufruhe zu erreichen.

Diese Aufgabe wird bei der Erfindung verfahrensmäßig durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 und vorrichtungsmäßig durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 13 gelöst.

Bei der Erfindung werden aus den Meßwerten der beiden Unwuchtmessläufe und dem Wert des gespeicherten Verdrehwinkels zwischen Reifen und Scheibenrad bei diesen Meßläufen sowohl der Unwuchtvektor des Reifens als auch der durch geometrische Ungleichförmigkeiten des Scheibenrades bedingte Unwuchtvektor für die Berechnung des Matchwinkels verwendet. In "Werkstatt und Betrieb 103" (170, 3, Seiten 183 bis 188) und dem Sonderdruck aus "Werkstatt und Betrieb 105" (1972) Heft 11, Seiten 1 bis 7, ist es bekannt, die geometrischen Ungleichförmigkeiten des Scheibenrades durch Abtasten zu ermitteln. In der DE-OS 30 03 127 werden geometrische Ungleichförmigkeiten des Scheibenrades überhaupt nicht berücksichtigt.

Unter der Voraussetzung, daß das Scheibenrad keine oder nur vernachlässigbar geringe Massenungleichförmigkeiten aufweist, lassen sich aus den während der beiden Meßläufe gewonnenen Meßwerten die statischen und dynamischen Unwuchtvektoren bzw. 1. Harmonische ermitteln, die auf ungleiche Massenverteilung am Reifen und auf geometrische Ungleichförmigkeiten (Exzentrizitäts- bzw. Zentrierfehler oder Formfehler) des Scheibenrads zurückzuführen sind, ermitteln. Die geometrischen Ungleichförmigkeiten des Scheibenrades äußern sich bei aufmontiertem Reifen als Unwucht-

kräfte, da der Reifen durch die geometrischen Ungleichförmigkeiten des Scheibenrades aus seiner zentrierten Lage gebracht ist und die hieraus resultierenden Unwuchtkräfte demzufolge auf die geometrischen Ungleichförmigkeiten des Scheibenrades zurückführbar sind.

Der bei der Erfindung erzielten Optimierung der Laufruhe liegt die Überlegung zugrunde, daß die aus den Massenungleichförmigkeiten des Reifens resultierenden Unwuchtkräfte den durch die geometrischen Ungleichförmigkeiten des Scheibenrades bedingten Unwuchtkräften am Kraftfahrzeugrad entgegengerichtet werden. Aus den beiden Meßläufen lassen sich die erforderlichen Unwuchtvektoren bestimmen.

Falls das Scheibenrad eine geringere Qualität aufweist und eine ungleiche Massenverteilung besitzt, was zu Unwuchtkräften führt, werden in einem zusätzlichen Meßlauf, wie im Anspruch 2 angegeben, an dem bloßen Scheibenrad, ohne aufgezo- genen Reifen, diese Unwuchtkräfte gemessen und eliminiert. Das Eliminieren kann dadurch geschehen, daß entsprechende Unwuchtgewichte an der Felge befestigt werden oder daß die gemessenen Unwuchtkräfte gespeichert und bei der nachfolgenden Auswertung im Sinne der Eliminierung berücksichtigt werden. Dieser Meßlauf mit der bloßen Felge wird bevorzugt vor den beiden Meßläufen durchgeführt, bei welchen der Reifen auf das Scheibenrad aufgezo- gen ist.

Für eine einwandfreie Optimierung der Laufruhe ist es nämlich erforderlich, daß die aus ungleicher Massenverteilung des Scheibenrades resultierenden Unwuchtkräfte, sei es durch entsprechenden Unwuchtausgleich an der Felge oder durch entsprechende Berücksichtigung bei der Berechnung, eliminiert werden.

Ferner werden für die Ermittlung des beim Matchen zur Anwendung kommenden Verdrehwinkels zwischen Reifen und Scheibenrad die ermittelten statischen und dynamischen Unwuchtvektoren mit Einflußfaktoren multipliziert, die proportional sind zu untereinander verschiedenen Einflüssen, die auf die Laufruhe des Kraftfahrzeugrades einwirken.

Durch die Maßnahme des Anspruchs 3 wird berücksichtigt, daß die statische Unwucht auf die Laufruhe des Kraftfahrzeugrades einen anderen Einfluß ausübt als die dynamische Unwucht. Durch die Maßnahme des Anspruchs 4 wird berücksichtigt, daß die Reifenunwucht einen anderen Einfluß auf die Laufruhe des Kraftfahrzeugrades ausübt als die aus den geometrischen Ungleichförmigkeiten des Scheibenrades resultierende Unwucht.

Durch die Maßnahme des Anspruchs 5 wird berücksichtigt, daß die Unwuchtkräfte des am Fahrzeug montierten Kraftfahrzeugrades an der Außenseite des Rades mit einem größeren Hebelarm an der Radaufhängung zu Wirkung kommen als die an der Innenseite liegenden Unwuchtkräfte.

Durch das in den Ansprüchen 6 bis 8 angegebene Wenden des Reifens um eine zu seiner Längsachse senkrechte Achse ist es möglich, am Reifen wirkende Unwuchten und durch das Scheibenrad veranlaßte Unwuchtkräfte in den beiden Ausgleichsebenen in entgegengesetzte Richtungen beim Matchen gegeneinander zu richten.

Bei der durch die Erfindung erzielten Optimierung der Laufruhe des Kraftfahrzeugrades wird die Tatsache ausgenützt, daß in den meisten Fällen die im wesentlichen aus Unwuchten, Radial- und Seitenschwankungen resultierende Laufunruhen die gleichen Ursachen ha-

ben. Zur Verbesserung der Laufruhe trägt auch der Umstand bei, daß die noch verbleibenden Unwuchtkräfte relativ niedrig sind und mit geringen Ausgleichsgewichten ausgeglichen werden können. Dies wirkt sich insbesondere bei der Verringerung des Latschmassenunterschieds, der ebenfalls die Laufruhe des Kraftfahrzeugrades beeinflußt, vorteilhaft aus.

Anhand der beiliegenden Figuren wird die Erfindung noch näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 ein Blockschaltbild für die Vorrichtung zur Durchführung der Erfindung und

Fig. 2(A) und 2(B) Vektordiagramme zur Erläuterung der Erfindung.

Ein Kraftfahrzeugreifen, der aus einem Scheibenrad 1 und einem darauf aufgezogenen Reifen 2 besteht, wird unter Zuhilfenahme einer in der Fig. 1 dargestellten Schaltungsanordnung durch Matchen, d. h. durch Verdrehen des Reifens 2 gegenüber dem Scheibenrad 1, im Hinblick auf seine Laufruhe optimiert. Die Meßläufe werden an einer nicht näher dargestellten Auswuchtmachine durchgeführt, wobei das Scheibenrad bzw. das Kraftfahrzeugrad auf eine Wuchtspindel in bekannter Weise aufgespannt ist. Nicht näher dargestellte Meßwertaufnehmer messen während des Meßlaufs Größe und Winkellage von Unwuchten, wobei in einer an die Meßwertaufnehmer angeschlossenen Auswerteelektronik 3 differenziert wird nach Unwuchtkräften  $\vec{U}_r$  für einen Unwuchtvektor in einer rechten Ausgleichsebene und nach  $\vec{U}_l$  für einen Unwuchtvektor in einer linken Ausgleichsebene. Eine Abtasteinrichtung 15 tastet eine Markierung auf dem Scheibenrad 1, beispielsweise das Luftventil oder eine andere feste Einrichtung am Scheibenrad 1, ab und gibt an die Auswerteelektronik 3 ein entsprechendes Winkelbezugssignal, beispielsweise für den Winkel  $\phi$ .

Es wird zunächst der Verfahrensablauf erläutert, bei welchem die Messungen an Kraftfahrzeugrädern durchgeführt werden, die Scheibenräder mit vernachlässigbar geringen Massenungleichförmigkeiten besitzen. Bei Stahlscheibenrädern kann man in der Regel davon ausgehen, daß diese vernachlässigbar geringe Massenungleichförmigkeiten aufweisen, so daß der in der Fig. 1 dargestellte Meßlauf (1) mit dem bloßen Scheibenrad 1 ohne aufgezogenen Reifen weggelassen werden kann. Es ist natürlich möglich, diesen Meßlauf (1) mit bloßem Scheibenrad immer durchzuführen, um festzustellen, ob am Scheibenrad durch Massenungleichförmigkeiten verursachte Unwuchten, welche durch die nachfolgende Berechnung oder durch an der Felge anzusetzende Ausgleichswerte eliminiert werden müssen, vorhanden sind oder nicht.

Für die Durchführung des Meßlaufs (2) wird der Reifen 2 auf das Scheibenrad 1 in beliebiger Winkelstellung aufgezogen. In diesem Meßlauf werden die Unwuchten für die linke und rechte Ausgleichsebene gemessen und in der Auswerteelektronik 3 die Unwuchtvektoren

$$\vec{U}_{l2} \text{ und } \vec{U}_{r2}$$

für die linke und rechte Ausgleichsebene ermittelt.

Nach diesem Meßlauf wird der Reifen 2 auf dem Scheibenrad 1 um einen bestimmten Winkel  $\phi_1$  verdreht. Dieser Winkel kann beliebig, bevorzugt jedoch  $180^\circ$ , sein und wird für die Auswertung in einem Vektorrechner 4 gespeichert. Dann wird ein dritter Meßlauf (3) durchgeführt, während welchem in der Auswerteelek-

tronik 3 für die rechte und linke Ausgleichsebene die Unwuchtvektoren

$$\vec{U}_{r3} \text{ und } \vec{U}_{l3}$$

ermittelt werden.

In der Fig. 2 wird anhand der beiden Vektordiagramme (A) und (B) dargestellt, wie sich die Lage der gemessenen Unwuchtvektoren  $\vec{U}_2$  (stellvertretend für die Unwuchtvektoren in beiden Ausgleichsebenen beim zweiten Meßlauf) und  $\vec{U}_3$  (stellvertretend für die Unwuchtvektoren in beiden Ausgleichsebenen beim dritten Meßlauf) ändert. Diese Unwuchtvektoren resultieren aus den Einzelunwuchtvektoren  $\vec{U}_R$  für den Reifen  $\vec{U}_F$  der durch geometrische Ungleichförmigkeiten des Scheibenrades (Felge) bedingt ist, wobei im Diagramm (B) die Lage von  $\vec{U}_R (\phi_1)$  nach dem Verdrehen des Reifens 2 um den Winkel  $\phi_1$  (z. B.  $180^\circ$ ) gegenüber dem Scheibenrad 1 dargestellt ist. Der Unwuchtvektor  $\vec{U}_F$  ist in beiden Meßläufen gleich, während sich der Einzelunwuchtvektor  $\vec{U}_R(\phi)$  und der im zweiten Meßlauf resultierende Unwuchtvektor  $\vec{U}_2$  für das Kraftfahrzeug ändern.

Da die gemessenen Werte für die am Kraftfahrzeug gemessenen Unwuchten

$$\vec{U}_1 \text{ und } \vec{U}_2,$$

welche stellvertretend, sind für die bezüglich der linken und rechten Ausgleichsebene in der Auswerteelektronik 3 in Form der 1. Harmonischen ermittelten Unwuchtvektoren

$$\vec{U}_{r2}, \vec{U}_{l2}, \vec{U}_{r3} \text{ und } \vec{U}_{l3},$$

sowie der Verdrehwinkel  $\phi_1$  bekannt sind und der Unwuchtvektor für das Scheibenrad in beiden Meßläufen (2) und (3) konstant geblieben ist, lassen sich unter Zuhilfenahme der Beziehungen

$$\vec{D}_r = \frac{1}{2} (\vec{U}_l - \vec{U}_r)$$

$$\vec{D}_l = \frac{1}{2} (\vec{U}_r - \vec{U}_l)$$

$$\vec{S} = \vec{U}_l + \vec{U}_r$$

die dynamischen und statischen Unwuchtvektoren, die durch geometrische Ungleichförmigkeiten des Scheibenrades bedingt sind, und die dynamischen und statischen Unwuchtvektoren für den Reifen bestimmen. In den vorstehenden Formeln bedeuten hierbei stellvertretend für die Unwuchtvektoren sowohl des Scheibenrads als auch des Reifens.

$\vec{D}_r$  die dynamischen Unwuchtvektoren der rechten Ausgleichsebene,  
 $\vec{D}_l$  die dynamischen Unwuchtvektoren in der linken Ausgleichsebene und  
 $\vec{S}$  die statischen Unwuchtvektoren.

Die dynamischen Unwuchtvektoren für die jeweils linke und rechte Ausgleichsebene am Reifen und am Scheibenrad sowie die jeweiligen statischen Unwuchtvektoren für Reifen und Scheibenrad werden im Vektorrechner 4 ermittelt.

Falls es sich um Scheibenräder handelt, bei denen aufgrund von Massenungleichförmigkeiten so hohe statische und dynamische Unwuchtkräfte an der bloßen Felge auftreten, daß diese berücksichtigt werden müssen, werden diese Unwuchtkräfte, falls sie nicht durch Anbringen entsprechender Ausgleichsgewichte an der Felge eliminiert sind, durch die Berechnung im Vektorrechner 4 eliminiert. In der Auswerteschaltung 3 werden hierzu aus den von Meßwertaufnehmern abgegebenen Meßwerten für die beiden Ausgleichsebenen die Unwuchtvektoren

$\vec{U}_{r1}$  und  $\vec{U}_{l1}$

ermittelt. Insbesondere bei Leichtmetallscheibenrädern empfiehlt sich die Durchführung des Meßlaufs (1) mit dem bloßen Scheibenrad.

In einem an den Vektorrechner 4 angeschlossenen Optimierungsrechner 6 werden die durch das Scheibenrad bedingten und die für den Reifen ermittelten dynamischen und statischen Unwuchtvektoren mit Einflußfaktoren  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  und  $K_4$ , welche in einem Speicher 5 enthalten sind, multipliziert. Diese Einflußfaktoren können durch beispielsweise eine Tastatur oder eine andere Eingabeeinrichtung in den Speicher 5 eingegeben werden. Der Einflußfaktor  $K_1$  gibt den Einfluß der dynamischen Unwuchten, der Einflußfaktor  $K_2$  den Einfluß der statischen Unwuchten, der Einflußfaktor  $K_3$  den Unterschied der Einflüsse des Scheibenrades und des Reifens und der Einflußfaktor  $K_4$  den Unterschied der Einflüsse der Radaußenseite und Radinnenseite bei der Auswirkung auf die Laufruhe des Kraftfahrzeugrades wieder. Bei diesen Einflußfaktoren handelt es sich um empirische Werte. Die Einflußfaktoren hängen vom Kraftfahrzeugtyp und auch von dem Typ des Kraftfahrzeuges ab. Größenordnungsmäßig haben diese Faktoren etwa folgende Werte:

$K_1 \approx 0,70$   
 $K_2 \approx 1,00$   
 $K_3 \approx 1,00$   
 $K_4 \approx 1,20$

Im Optimierungsrechner 6 wird einerseits, dargestellt durch eine Einheit 7, der optimale Matchwinkel  $\varphi_0$ , der zugeordnet ist zu einem beim Matchen erzielbaren minimalen, nach dem Matchen noch verbleibenden ersten Laufunruhewert  $UVZ_1$ , ermittelt. Ferner wird im Optimierungsrechner 6, dargestellt durch eine Einheit 8, ermittelt, ob beim Wenden des Reifens um eine zu seiner Laufachse senkrechte Achse mit zugeordnetem Winkel  $\varphi_0$  durch einen erzielbaren zweiten und noch verbleibenden Laufunruhewert  $UVZ_2$  einer Verringerung des nach dem Matchen noch verbliebenen ersten Laufunruhewertes  $UVZ_1$  erreicht wird. Das Wenden kann dann

zu einer weiteren Verringerung dieses nach dem Matchen noch verbliebenen Laufunruhewertes führen, wenn beispielsweise durch den Reifen und das Scheibenrad in beiden Ausgleichsebenen entgegengesetzt gerichtete Unwuchtkräfte hervorgerufen werden.

In einer dem Optimierungsrechner 6 nachgeordneten Vergleichseinrichtung 10 wird gegebenenfalls unter Berücksichtigung eines in einem Speicher 9 abgespeicherten Differenz-Grenzwertes  $\Delta UVZ$  für die Differenz der beiden Laufunruhewerte  $UVZ_1$  und  $UVZ_2$  ermittelt, ob der nach dem Matchen noch verbleibende erste Laufunruhewert  $UVZ_1$  kleiner ist als der noch verbleibende zweite Laufunruhewert  $UVZ_2$  nach dem Wenden, wobei gegebenenfalls dem zweiten Laufunruhewert  $UVZ_2$  der im Speicher 9 gespeicherte Differenz-Grenzwert  $\Delta UVZ$  hinzuaddiert wird. Durch entsprechende Bemessung des Differenz-Grenzwertes  $\Delta UVZ$  läßt sich ermitteln, ob ein zusätzliches Wenden des Reifens sich lohnt.

In einem weiteren Vergleich 12 kann der Unterschied  $\Delta UVZ_1$  zwischen dem Laufunruhewert, der nach der ersten Verdrehung des Reifens 2 gegenüber dem Scheibenrad 1 um den Verdrehwinkel  $\varphi_1$  zwischen den beiden Meßläufen (2) und (3) mit aufgezogenem Reifen erreicht wird, und dem nach dem Matchen bei der zweiten Verdrehung des Reifens gegenüber dem Scheibenrad um den Verdrehwinkel  $\varphi_0$  erzielbaren ersten Laufunruhewert  $UVZ_1$  mit einem weiteren, in einem Speicher 11 abgespeicherten Minimalwert  $\Delta UVZ_{min}$  verglichen werden. Hierdurch läßt sich feststellen, ob sich die Durchführung des Matchens, d. h. das zweite Verdrehen des Reifens 2 gegenüber dem Scheibenrad 2 um den Matchwinkel  $\varphi_0$ , lohnt.

In Abhängigkeit von den Vergleichsergebnissen wird dann kein Matchen durchgeführt oder allein das Verdrehen des Reifens 2 gegenüber dem Scheibenrad 1 in Abhängigkeit von dem Matchwinkel  $\varphi_0$  oder noch zusätzlich dazu das Wenden des Reifens 2 auf dem Scheibenrad 1. Dies erfolgt in einem mit (4) in der Fig. 1 bezeichneten Verfahrensschritt.

Eine weitere Entscheidungseinrichtung 13, welche dem Vergleich 10 nachgeschaltet ist, kann entscheiden, ob das Wenden des Reifens 2 um eine zu seiner Laufachse senkrechte Achse erlaubt ist oder nicht. In einer Anzeigeeinrichtung 14 kann dann jeweils der entsprechende Matchwinkel, um welchen der Reifen 2 gegenüber dem Scheibenrad 1 verdreht werden muß, angezeigt werden. Das Verdrehen des Reifens 2 gegenüber dem Scheibenrad 1 erfolgt dann bevorzugt ausgehend von der letzten Winkellage, die der Reifen 2 gegenüber dem Scheibenrad 1 im Meßlauf (3) eingenommen hat. Bei der Ermittlung des Matchwinkels  $\varphi_0$  bzw. bei der zweiten Verdrehung des Reifens gegenüber dem Scheibenrad beim Matchen ist der gespeicherte Winkel  $\varphi_1$ , mit welchem nach dem Meßlauf (2) der Reifen 2 gegenüber dem Scheibenrad 1 zum ersten Mal verdreht wurde, zu berücksichtigen.

Bei der Erfindung wird eine Minimierung der Einflußgrößen, welche die Laufruhe eines Kraftfahrzeugrades stören, erreicht. Es werden die günstigsten Voraussetzungen geschaffen, um durch Matchen und gegebenenfalls durch Wenden des Reifens gegenüber dem Scheibenrad, eine optimale Laufruhe des kompletten Kraftfahrzeugrades zu erzielen. An diesem werden nach dem Matchen gegebenenfalls noch vorhandene Restunwuchten durch entsprechendes Einsetzen von Ausgleichsgewichten beseitigt. In vorteilhafter Weise können weiterhin die hintereinander an den gemessenen Kraftfahrzeugrädern ermittelten statischen und dyna-

mischen Unwuchtvektoren gespeichert werden. Durch Vergleich dieser gespeicherten Daten läßt sich eine weitere Optimierung der Laufruhe erreichen dadurch, daß beim Errechnen sich ergebende günstigere Paarungen von Reifen und Scheibenrad bei den schon gemessenen Kraftfahrzeugreifen sich ergeben. Durch entsprechende Umpaarung können dann die Reifen und Scheibenräder der in Frage kommenden Kraftfahrzeugräder gegeneinander ausgetauscht werden. Hierdurch läßt sich vermeiden, daß beispielsweise bei einem Kraftfahrzeugrad mit guter Felge und schlechtem Reifen oder gutem Reifen und schlechter Felge keine Optimierung der Laufruhe erreicht werden kann. Durch entsprechenden Austausch von Reifen und Felge in Abhängigkeit von dem vorstehend angegebenen Vergleich der erfaßten Unwuchtvektoren für die gemessenen Kraftfahrzeugräder läßt sich die angestrebte Optimierung dann erzielen.

Auch ist es zusätzlich noch möglich, mit Hilfe von Vergleichseinrichtungen und den verwendeten Grenz- und Minimalwerten sowie mit zulässigen Vergleichszahlen für die verbleibenden Laufunruhwerte anzuzeigen, ob ungünstige Laufunruhe-Konfigurationen oder Unwuchtkonfigurationen oder nicht weiter verbesserbare Zustände bei gemessenen Kraftfahrzeugrädern vorhanden sind.

---

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

---

30

35

40

45

50

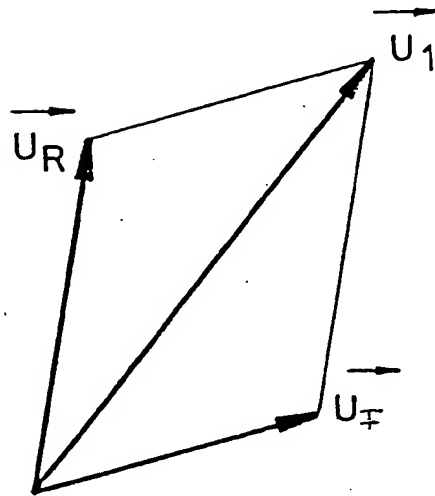
55

60

65

Fig. 2

(A)



(B)

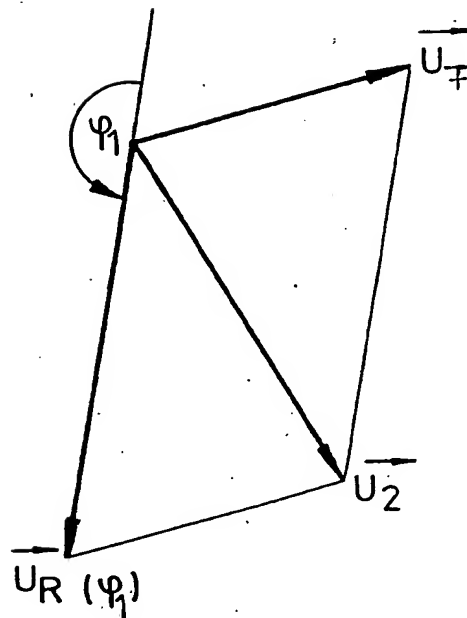




Fig. 1

